

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-321756

(43)Date of publication of application : 24.11.2000

(51)Int.Cl.

G03F 1/14
G03F 1/08
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 11-127441

(22)Date of filing : 07.05.1999

(71)Applicant : CANON INC

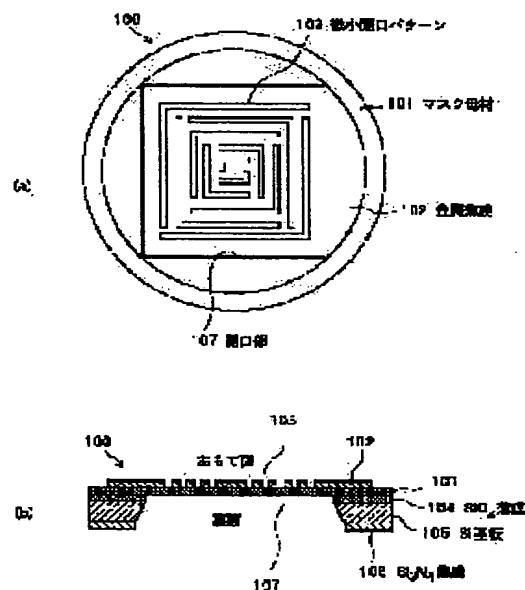
(72)Inventor : KURODA AKIRA
SHIMADA YASUHIRO
YAMAGUCHI TAKAKO

(54) MASK FOR EVANESCENT LIGHT EXPOSURE, EVANESCENT LIGHT EXPOSURE DEVICE, PRODUCTION OF DEVICE AND PRODUCTION OF THE MASK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce deflection, warpage and distortion due to the residual stress of a thin film.

SOLUTION: A mask base 101 supported on an Si substrate 105 by way of a thin SiO₂ film 104 comprises a thin film of single crystal silicon. A metallic thin film 102 with a formed fine aperture pattern 103 of ≤ 100 nm width is disposed on both front sides of the mask base 101. The mask base has 0.1-1 μ m thickness and $\geq 10\%$ light transmittance.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-321756

(P2000-321756A)

(43) 公開日 平成12年11月24日 (2000. 11. 24)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 3 F 1/14		G 0 3 F 1/14	B 2 H 0 9 5
1/08		1/08	D 2 H 0 9 7
7/20	5 0 5	7/20	5 0 5 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 0 2 P
			5 1 1
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-127441

(22) 出願日 平成11年5月7日 (1999. 5. 7)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 黒田 亮

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 島田 康弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之 (外2名)

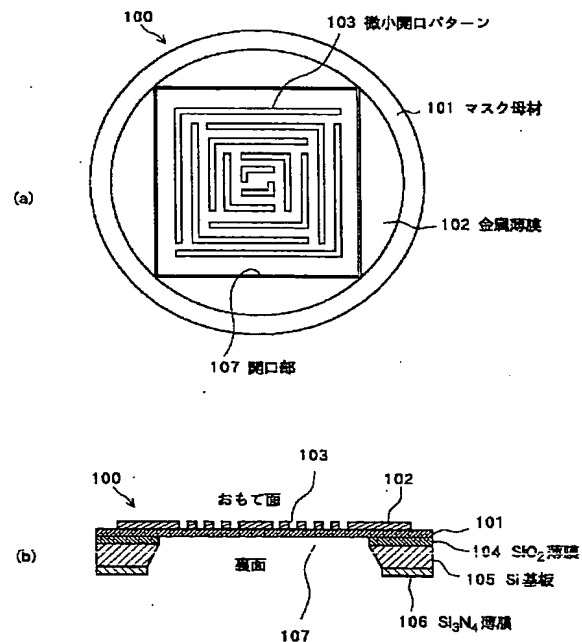
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エバネッセント光露光用マスク、エバネッセント光露光装置、デバイスの製造方法および前記エバネッセント光露光用マスクの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 薄膜の残留応力による撓み、反り、歪を低減させる。

【解決手段】 Si基板105にSiO₂薄膜104を介して支持されたマスク母材101は、単結晶シリコンの薄膜からなる。マスク母材101のおもて面側には、幅が100nm以下の微小開口パターン103が形成された金属薄膜102が設けられる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 エバネッセント光を利用してパターンを被露光物に露光する際に前記被露光物に対向配置されるエバネッセント光露光用マスクであって、単結晶シリコンの薄膜からなるマスク母材と、前記マスク母材の前記被露光物との対向面に設けられ、前記被露光物に転写すべきパターンとして幅が100nm以下の微小開口パターンが形成された金属薄膜とを有することを特徴とするエバネッセント光露光用マスク。

【請求項2】 前記マスク母材の厚さは0.1～1μmである、請求項1に記載のエバネッセント光露光用マスク。

【請求項3】 前記マスク母材の光透過率は10%以上である、請求項1または2に記載のエバネッセント光露光用マスク。

【請求項4】 前記金属薄膜の厚さは10～100nmである、請求項1、2または3に記載のエバネッセント光露光用マスク。

【請求項5】 請求項2に記載のエバネッセント光露光用マスクを保持するマスク保持手段と、前記エバネッセント光露光用マスクの金属薄膜との間隔が100nm以下となるように、被露光物を前記エバネッセント光露光用マスクの前記金属薄膜と対面させて保持する被露光物保持手段と、前記エバネッセント光露光用マスクのマスク母材側から露光用の光を照射する光源とを有することを特徴とするエバネッセント光露光装置。

【請求項6】 前記光源から照射される光の波長は、前記エバネッセント光露光用マスクのマスク母材の厚さに応じて、前記マスク母材の光透過率が10%以上となるように選択される、請求項5に記載のエバネッセント光露光装置。

【請求項7】 前記マスク保持手段は、一端に開口を有し該開口にエバネッセント光露光用マスクを保持することによって内部が密閉され、かつ、前記エバネッセント光露光用マスクを保持した状態で前記内部の圧力が調整可能な容器である、請求項5または6に記載のエバネッセント光露光装置。

【請求項8】 請求項5ないし7のいずれか1項に記載のエバネッセント光露光装置を用いてパターン転写した基板を加工処理することによりデバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項9】 エバネッセント光を利用してパターンを被露光物に露光する際に前記被露光物に対向配置されるエバネッセント光露光用マスクの製造方法であって、基材の上に酸化シリコン層を形成し、かつ、該酸化シリコン層の上に単結晶シリコン層を形成する工程と、前記単結晶シリコン層上に微小開口パターンを形成する工程と、前記単結晶シリコン層の光照射部に相当する部位の前記

基材、および前記酸化シリコン層を除去する工程とを有することを特徴とするエバネッセント光露光用マスクの製造方法。

【請求項10】 前記単結晶シリコン層の最終的膜厚を、照射されるべき光の波長に応じて選択する、請求項9に記載のエバネッセント光露光用マスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は基板等の微細加工に用いられる露光用マスク及び露光装置に関し、特に、露光用の光としてエバネッセント光を用いる露光用マスク及び露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体メモリの大容量化やCPUプロセッサの高速化・大集積化の進展とともに、光リソグラフィのさらなる微細化は必要不可欠のものとなっている。一般に光リソグラフィ装置における微細加工限界は、用いる光の波長程度である。このため、光リソグラフィ装置に用いる光の短波長化が進み、現在は近紫外線レーザーが用いられ、0.1μm程度の微細加工が可能となっている。

【0003】このように微細化が進む光リソグラフィであるが、0.1μm以下の微細加工を行うためには、レーザーのさらなる短波長化、その波長域でのレンズ開発等、解決しなければならない課題も多い。

【0004】一方、光による0.1μm以下の微細加工を可能にする手段として、近接場光学顕微鏡（以下、SNOMともいう）の構成を用いた微細加工装置（露光装置）が提案されている。この種の微細加工装置では、例えば、100nm以下の大きさの微小開口から滲み出るエバネッセント光を用い、レジストに対して光波長限界を越える局所的な露光を行うことにより微細加工を行うことができる。

【0005】しかしながら、これらのSNOM構成の露光装置では、いずれも1本または複数本の加工プローブで一筆書きのように微細加工を行っていく構成であるため、スルーブットがそれほど向上しないという問題点を有していた。

【0006】これを解決する一つの方法として、光マスクに対してプリズムを設け、全反射の角度で光を入射させ、全反射面から滲み出るエバネッセント光を用いて光マスクのパターンをレジストに対して一括して転写するという提案がなされている（特開平8-179493号公報）。

【0007】一方、SOI（silicon on insulator）が、素子の高速化や低消費電力化が必須である次世代半導体デバイス形成用のSiウエハとして期待されている。

【0008】中でも、特開平5-021338号公報、及び「Epitaxial layer transfer by bond and etch ba

ck porous Si」(T.Yonehara et. al., Appl. Phys. Lett. vol. 64, 2108 (1994))に開示された形成法で作製されたSOIは、50nmという極薄膜から数 μ mまで膜厚ムラが極めて少なく、活性層も埋め込み層も独立して自由な厚さに制御可能であるため、多種類のデバイスに対応可能である。しかも、エピタキシャル成長を用いているため結晶に起因する粒子や欠陥が極めて少ないという特徴を有し、次世代半導体デバイス作製用Si基板の有力候補となっている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】特開平8-179493号公報に記載の、プリズムを用いたエバネッセント光による一括露光装置では、プリズム、マスクとレジスト面との間隔を100nm以下に設定することが必須である。しかしながら、実際には、プリズム・マスクや基板の面精度に限界があり、プリズム・マスク面全面にわたってレジスト面との間隔を100nm以下に設定することは困難である。また、プリズム・マスクと基板との位置合わせに際し、少しでも傾きがあると、やはり、プリズム・マスク面全面にわたってレジスト面との間隔を100nm以下に設定することが困難である。

【0010】上記のように所望の面精度が得られず、また、傾きが生じた状態で、プリズム・マスクをレジスト面に無理に押し付けて密着させようとすると、基板に変形が生じて露光パターンにムラが生じたり、プリズム・マスクによりレジストが部分的に押しつぶされてしまったりするという問題点があった。

【0011】そこで、マスクを弾性体で構成し、レジスト面の形状に倣うようにマスクを弾性変形させながらマスク全面をレジスト面に密着させる方法が考えられる。この際、レジスト面に設けられたより細かい構造にまで、さらにはレジスト面の細かい凹凸やうねりに倣わせてマスク面を密着させるためにはマスクの厚さをできるだけ薄くすることが望ましい。

【0012】薄いマスクを製造するためには、基板上に形成した薄膜の上にマスクパターンを形成した後、周囲を除いて基板を除去し、マスクパターンが形成された領域を薄膜だけで構成する方法が考えられる。この薄膜の形成方法として、真空蒸着法やスパッタリング法、CVD法を用いた場合、薄膜の撓み、反り、歪の原因となる薄膜内の残留応力をマスク全面にわたって精密に制御する必要や、膜厚をマスク全面にわたって精密に制御する必要があり、これらがマスク作製の歩留まりを低下させる一要因となっていた。

【0013】本発明の第1の目的は、薄膜の残留応力による撓み、反り、歪を低減させることによって、マスク作製の歩留まりを向上させるエバネッセント光露光用マスクを提供することである。

【0014】本発明の第2の目的は、露光時に被露光物の表面の凹凸やうねりに倣って密着できるように、完成

変形し易くかつ十分な機械的強度を有するエバネッセント光露光用マスクを提供することである。

【0015】本発明の第3の目的は、エバネッセント光露光用マスクを被露光物の表面に対して良好に密着させ、微細なパターンをより正確に露光することができるエバネッセント光露光装置を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段及び作用】上記目的を達成するため、本発明のエバネッセント光露光用マスクは、エバネッセント光を利用してパターンを被露光物に露光する際に前記被露光物に対向配置されるエバネッセント光露光用マスクであって、単結晶シリコンの薄膜からなるマスク母材と、前記マスク母材の前記被露光物との対向面に設けられ、前記被露光物に転写すべきパターンとして幅が100nm以下の微小開口パターンが形成された金属薄膜とを有することを特徴とする。

【0017】このように、マスク母材を単結晶シリコンの薄膜で構成することにより、マスク母材の薄膜自立構造を形成した際に、残留応力による薄膜の撓み、反り、歪みが極めて低減する。また、シリコンを材料とすることにより、半導体デバイス作製技術やマイクロメカニクス作製技術で開発された多くのプロセス材料や装置を用いることが可能となる。

【0018】特また、マスク母材の厚さは0.1~1 μ mであることが好ましく、またその光透過率は10%以上であることが好ましい。さらに、金属薄膜の厚さは10~100nmであることが好ましい。

【0019】本発明のエバネッセント光露光装置は、上記本発明のエバネッセント光露光用マスクのうちマスク母材の厚さが0.1~1 μ mであるエバネッセント光露光用マスクを保持するマスク保持手段と、前記エバネッセント光露光用マスクの金属薄膜との間隔が100nm以下となるように、被露光物を前記エバネッセント光露光用マスクの前記金属薄膜と対面させて保持する被露光物保持手段と、前記エバネッセント光露光用マスクのマスク母材側から露光用の光を照射する光源とを有することを特徴とする。

【0020】本発明のエバネッセント光露光装置では、エバネッセント光露光用マスク及び被露光物をそれぞれマスク保持手段及び被露光物保持手段に保持させた状態で光源からエバネッセント光露光用マスクに露光用の光を照射することにより、エバネッセント光露光用マスクの金属薄膜に形成された微小開口パターンからエバネッセント光が発生し、このエバネッセント光で被露光物の露光が行われる。この際、エバネッセント光露光用マスクと被露光物とは100nm以下の間隔で対面しており、両者は実質的に密着した状態となっているが、エバネッセント光露光用マスクのマスク母材は、単結晶シリコンからなる厚さが0.1~1 μ mの薄膜であるので、十分な機械的強度を有する上に、弾性変形しやすく、被

露光物の表面のより細かな大きさの凹凸やうねりに対してまで倣うようになる。

【0021】また、本発明はデバイスの製造方法を提供するものであり、本発明のデバイスの製造方法は、上記本発明のエバネッセント光露光装置を用いてパターン転写した基板を加工処理することによりデバイスを製造するものである。

【0022】さらに本発明は、エバネッセント光露光用マスクの製造方法を提供する。本発明のエバネッセント光露光用マスクは、エバネッセント光を利用してパターンを被露光物に露光する際に前記被露光物に対向配置されるエバネッセント光露光用マスクの製造方法であって、基材の上に酸化シリコン層を形成し、かつ、該酸化シリコン層の上に単結晶シリコン層を形成する工程と、前記単結晶シリコン層上に微小開口パターンを形成する工程と、前記単結晶シリコン層の光照射部に相当する部位の前記基材、および前記酸化シリコン層を除去する工程とを有することを特徴とする。

【0023】本発明のエバネッセント光露光用マスクの製造方法においては、前記単結晶シリコン層の最終的膜厚を、照射されるべき光の波長に応じて選択するものであってもよい。

【0024】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0025】図1は、本発明の一実施形態である、エバネッセント光露光装置の概略構成図である。本実施形態の露光装置は、レーザー光11を発する光源10と、光源10から発せられたレーザー光11を平行光とするコリメーターレンズ20と、後述するエバネッセント光露光マスク100が取り付けられて、コリメーターレンズ20で平行光とされたレーザー光11が通過する圧力調整容器30と、圧力調整容器30のレーザー光11の出射側に配置され、被露光物である基板151が載置されるステージとを有する。

【0026】圧力調整容器30は、レーザー光11の入射側面がガラス窓31で覆われるとともに、出射側面は開口面となっており、この開口面がエバネッセント光露光マスク100で覆われることにより内部が密閉される。また、圧力調整容器30は、圧力調整容器30の内部の圧力を調整するために、ポンプ等の圧力調整手段32を備えている。圧力調整容器30へのエバネッセント光露光マスク100の取り付けは、エバネッセント光露光マスク100に接着されたマスク支持部材210を介してなされる。

【0027】ステージ40は、不図示の駆動手段により、圧力調整容器30に取り付けられたエバネッセント光露光マスク100のマスク面と平行な面内方向及びマスク面の法線方向に移動可能であり、エバネッセント光露光マスク100に対する基板151の位置決めを行

う。なお、基板151の上面にはレジスト152が塗布されている。

【0028】エバネッセント光露光マスク100について、図2を参照して説明する。図2は、図1に示す露光装置に用いられるエバネッセント光露光マスクの図であり、(a)はおもて面側から見た平面図、(b)は断面図である。なお、本発明においてマスクの「おもて面」とは、金属薄膜が設けられた面をいい、「裏面」とは、その反対側の面をいう。

【0029】図2に示すように、エバネッセント光露光マスク100は、基本的には、単結晶Siからなるマスク母材101と、マスク母材101のマスクおもて面側に設けられた金属薄膜102とから構成される。金属薄膜102には、基板151(図1参照)に転写すべきパターンである微小開口パターン103が形成されている。この微小開口パターン103の線幅は、レーザー光11の波長に比べて小さく、100nm以下である。

【0030】マスク母材101のマスク裏面側にはSi基板105が設けられている。Si基板105は、マスク母材101を支持するもので、少なくとも微小開口パターン103が形成された領域に開口部107を有する。なお、図2(b)において、Si基板105の両面にSiO₂薄膜104及びSi₃N₄薄膜106が形成されているが、これらは本実施形態のエバネッセント光露光マスク100を作製するのに必要なものであり、これらについては後述する。

【0031】エバネッセント光露光マスク100は、図1に示すように、マスクおもて面すなわち金属薄膜102が設けられた面をステージ40と対向させて圧力調整容器30に取り付けられる。

【0032】次に、本実施形態の露光装置による露光手順について説明する。

【0033】まず、レジスト152が塗布された基板151をステージ40上に固定し、ステージ40を駆動することにより、エバネッセント光露光用マスク100のマスク面内方向での相対位置合わせを行う。次に、マスク面法線方向にステージ40を駆動し、エバネッセント光露光用マスク100のおもて面と基板151の上面との間隔が全面にわたって100nm以下になるように両者を密着させる。

【0034】この後、光源10からレーザー光11を出射させると、レーザー光11はコリメーターレンズ20で平行光とされた後、ガラス窓31を通過して圧力調整容器30内に導入される。圧力調整容器30内に導入されたレーザー光11は、エバネッセント光露光マスク100のマスク母材101に照射され、金属薄膜102の微小開口パターン103から、エバネッセント光となって滲み出す。そして、この微小開口パターン103から滲み出たエバネッセント光によって、基板151の上面に塗布されたレジスト152に対する露光が行われる。

【0035】ここで、図3を用いて、エバネッセント光による露光の原理を説明する。

【0036】図3において、エバネッセント光露光用マスク100のマスク母材101に入射したレーザー光11は、金属薄膜102に形成された微小開口パターン103に照射される。

【0037】通常、光は波長より小さい大きさの開口を殆ど透過しないが、開口の近傍にはエバネッセント光と呼ばれる光が僅かにしみ出している。つまり、微小開口パターン103からは、エバネッセント光12がしみ出している。この光は、開口から約100nmの距離以下の近傍にのみ存在する非伝搬光であり、開口から離れるとその強度が急激に減少する性質のものである。

【0038】そこで、このエバネッセント光12がしみ出している微小開口パターン103に対して、レジスト152を100nm以下の距離にまで近づけると、エバネッセント光12がレジスト152中で散乱されて伝搬光に変換され、レジスト152を露光する。

【0039】ここで、レジスト152の厚さが十分に薄ければ、エバネッセント光12はレジスト152中で散乱しても面内（横）方向にあまり広がることはなく、レーザー光11の波長よりも線幅が小さい微小開口パターン103に応じた微小パターンを、より正確にレジスト152に露光・転写することができる。

【0040】このようにエバネッセント光12による露光を行った後は、通常のプロセスを用いて基板151の加工を行う。例えば、レジスト152を現像した後、エッチングを行うことにより、基板151に対して上述の微小開口パターン103に応じた微小パターンを転写形成する。これを用いて半導体チップや液晶デバイス、センサデバイス等のデバイスが作製される。この種のデバイスの製造方法の詳細はよく知られているので、その説明は省略する。

【0041】次に、エバネッセント光露光用マスク100と被露光物150との密着方法の詳細について図1を用いて説明する。

【0042】エバネッセント光露光用マスク100のおもて面と基板151上のレジスト面がともに完全に平坦であれば、全面にわたって両者を密着させることが可能である。しかしながら、実際には、両者には凹凸やうねりが存在するので、両者を近づけ、接触させただけでは、密着している部分と非密着部分が混在する状態になってしまう。

【0043】そこで、エバネッセント光露光用マスク100の裏面からおもて面方向に向かって圧力を印加することにより、エバネッセント光露光用マスク100のマスク母材101に弾性変形による撓みを生じさせ、金属薄膜102をレジスト152へ押し付けることにより、両者を全面にわたって密着させることができる。

【0044】このような圧力を印加する方法の一例とし

て、圧力調整手段32としてポンプを用い、このポンプによって圧力調整容器30内に高圧ガスを導入し、圧力調整容器30の内圧が外気圧よりも高い圧力になるようにする方法が挙げられる。

【0045】このような方法で圧力の印加を行うと、バスカルの原理により、エバネッセント光露光マスク100のおもて面と基板151上のレジスト面との間に作用する斥力が均一になり、これらの面が全面にわたって均一な圧力で密着する。このため、エバネッセント光露光用マスク100や基板151上のレジスト面に対し局所的に大きな力が加わったりすることがなく、エバネッセント光露光用マスク100や基板151、レジスト152が局所的に破壊されたりすることはなくなる。

【0046】このとき、圧力調整容器205内の圧力を調整することにより、エバネッセント光露光用マスク100と基板151のレジスト面との間に働かせる押し付け力、すなわち両者の密着力を制御することができる。例えば、マスク面やレジスト面の凹凸やうねりがやや大きいときには、その凹凸やうねりの大きさに応じて圧力調整容器30内の圧力を高めに設定することにより密着力を増大させ、凹凸やうねりによるマスク面とレジスト面との間の間隔のばらつきをなくすようにすることができる。

【0047】以上は、圧力調整容器30内に高圧ガスを導入することにより圧力調整容器30内の圧力を調整する方法を示したが、これに限らず、圧力調整容器30の内部をレーザー光11に対して透明な液体で満たすとともに、圧力調整手段32としてシリンダーを用い、このシリンダーによって、圧力調整容器30内の液体の量を調整することで、圧力調整容器30の内圧を外気圧よりも高くしてもよい。

【0048】また、本実施形態では、エバネッセント光露光マスク100を、圧力調整容器30のレーザー光11出射側端において、おもて面を圧力調整容器30の外側に配置した例を示したが、これとは逆に、圧力調整容器30をレーザー光11の出射側端に配置しておもて面が圧力調整容器30の内側になる形態にしてエバネッセント光露光マスク100を配置することもできる。この場合、圧力調整容器30はエバネッセント光露光マスク100を取り付けるための開口を除いて密閉した容器であり、基板151は圧力調整容器30の内部に配置される。

【0049】このような構成の場合には、圧力調整容器30内の圧力を外気圧よりも低くして、この圧力差によりマスク母材101を圧力調整容器30の内側へ弾性変形させることにより、エバネッセント光露光マスク100を基板151のレジスト面に密着させる。いずれにしても、エバネッセント光露光マスク100のおもて面側に比べ、裏面側が高い圧力となるような圧力差を設けるようにすればよい。

【0050】さて、エバネッセント光露光終了後の、エバネッセント光露光用マスク100と基板151との剥離に関しては以下のように行う。

【0051】圧力調整手段30を用いて、圧力調整容器30内の圧力を外気圧より小さくし、基板151上のレジスト152からエバネッセント光露光用マスク100の金属薄膜102を剥離させる。

【0052】このような方法で圧力調整容器30内の圧力を減圧し、基板151とエバネッセント光露光用マスク100とを剥離する場合、パスカルの原理により、エバネッセント光露光用マスク100のおもて面と基板151上のレジスト面との間に作用する引力が均一になる。このため、エバネッセント光露光用マスク100や基板151上のレジスト面に対し、局所的に大きな力が加わったりすることがなく、エバネッセント光露光マスク100や基板151、レジスト152が剥離時に局所的に破壊されたりすることもなくなる。

【0053】このとき、圧力調整容器30内の圧力を調整することにより、エバネッセント光露光マスク100と基板151のレジスト面との間に働く引力、すなわち、両者の引っ張り力を制御することができる。例えば、マスク面とレジスト面との間の吸着力が大きいときには、その吸着力の大きさに応じて圧力調整容器30内の圧力をより低めに設定することにより、引っ張り力を増大させ、剥離しやすくすることができる。

【0054】なお、前述したように、エバネッセント光露光マスク100を、そのおもて面を圧力調整容器30の内側にしてレーザー光11の入射側に配置した場合には、圧力調整容器30内の圧力を外気圧よりも高い圧力にすればよい。いずれにしても、剥離時には、エバネッセント光露光マスク100のおもて面側に比べ、裏面側が低い圧力となるような圧力差を設けるようにすればよい。

【0055】次に、エバネッセント光露光マスク100について図2を参照して詳細に説明する。

【0056】エバネッセント光露光用マスク100は、0.1~1 μ mの膜厚の単結晶Siからなる薄膜であるマスク母材101上に10~100nmの膜厚の金属薄膜102を設け、この金属薄膜102に100nm以下の幅の微小開口パターン103を形成したものである。マスク母材101は、SiO₂薄膜104を介してSi基板105に支持されている。

【0057】マスク母材101の厚さが薄ければ、より弾性変形しやすくなり、基板151のレジスト面のより細かな大きさの凹凸やうねりに対してまで倣うようことが可能であるため、より密着性が増すことになる。しかしながら、露光面積に対して薄すぎるとマスクとしての強度が不足したり、密着・露光を行った後、剥離させる場合に基板151との間に作用する吸着力で破壊してしまったりするおそれがある。以上の機械的特性の観点か

らは、マスク母材101の厚さとしては、0.1~1 μ mの範囲にあることが望ましい。

【0058】一方、露光波長における単結晶マスク母材101の光吸収係数が大きい場合、マスク母材101が厚過ぎるとマスク母材101中を透過する際に光が吸収されてしまい、露光に必要な光強度が得られなくなる。また、光吸収によるマスク母材101の熱膨張のため生じる微小開口パターン103の面内方向の歪みも問題となる。これらを考慮すると、マスク母材101の光透過率は10%以上であることが望ましい。

【0059】したがって、マスク母材101の厚さが上述の機械的特性条件である0.1~1 μ mの範囲を満たし、かつマスク母材101の光透過率が10%以上となるようにするためには、露光波長の選択も重要である。

【0060】光波長が300~500nmにおけるSi薄膜（マスク母材101）の光透過率の変化を図4に示す。また、図4に示された関係から得られた、マスク母材101の種々の膜厚での光透過率が10% (=0.1) 以上となるための光波長の条件を、表1に示す。

【0061】

【表1】

膜厚 (μ m)	光波長 (nm)
0.1	375以上
0.2	395以上
0.3	410以上
0.4	420以上
0.5	430以上
0.6	440以上
0.7	445以上
0.8	450以上
0.9	460以上
1.0	470以上

以上より、露光波長が375nmに近い場合には、マスク母材101の膜厚は0.1 μ m程度まで薄くする必要があることがわかる。また、露光波長が395nmに近い場合には、マスク母材101の膜厚を0.1~0.2 μ mの範囲で選択すればよく、以下同様に、露光波長に応じてマスク母材101の膜厚を選択すればよい。なお、マスク母材102の膜厚が決まっている場合には、その膜厚に応じて、マスク母材101の光透過率が10%以上となるような露光波長を選択してもよい。

【0062】次に、エバネッセント光露光用マスク100の作製方法について、図5及び図6を参照して説明する。

【0063】出発材料として、図5(a)に示すような、両面研磨されたSOI (silicon on insulator) ウェハ201を用いる。このSOIウェハ201は、面方位(100)を有する単結晶のSi基板105 (厚さ300 μ m) 上に厚さ100nmのSiO₂薄膜403が形成され、さらにその上に、マスク母材101となる厚

10

20

30

40

50

さ100nmの単結晶Si薄膜が形成されているものである。

【0064】まず、図5(b)に示すように、このSOIウェハ201の両面にLP-CVD法を用いて、厚さ1μmのSi₃N₄薄膜106、106'を形成する。

【0065】次に、通常のフォトリソグラフィを用いて、図5(c)に示すように、マスク母材101上に形成されたSi₃N₄薄膜106'を全面除去する。一方、Si基板105側に対しては、外周部を残してSi₃N₄薄膜106を除去し、ウェハ裏面からSi基板105に

対するエッチングを行うためのエッチング窓202を形成する。

【0066】次に、図5(d)に示すように、マスク母材101上に、微小開口パターンを形成するための金属薄膜102として、スパッタ法を用いて厚さ30nmのCr薄膜を形成する。

【0067】次に、図5(e)に示すように、金属薄膜102上に、PMMA(ポリメタクリル酸メチル)やノボラック樹脂等の電子線露光用レジスト203を30nmの厚さで塗布し、この電子線レジスト203に電子線204を用いて30nm幅の描画パターン潜像205を所望のパターンで形成する。そして、これを現像した後、CCl₄を用いてドライエッチングを行い、図6(f)に示すように、金属薄膜102に微小開口パターン103を形成する。

【0068】次に、図6(g)に示すように、微小開口パターン103を形成した金属薄膜102上にスピナーを用いて厚さ1μmのポリイミド保護膜206を形成し、その後、加熱したKOH水溶液中に浸潤することによって、図6(h)に示すように、エッチング窓202からSi基板105裏面の異方性エッチングを行う。このとき、SiO₂薄膜104がエッチングストップ層として機能し、SiO₂薄膜104が露出する。

【0069】最後に、図6(i)に示すように、緩衝HF溶液を用いて、SiO₂薄膜104の露出した部分を除去して開口部107を形成し、その後、酸素プラズマエッチング法を用いてポリイミド保護膜206を除去し、図6(j)に示すように、エバネッセント光露光マスク100を形成する。

【0070】そして、図6(k)に示すように、このエバネッセント光露光マスク100にマスク支持部材210を接着すれば、図1に示したように、エバネッセント光露光マスク100を露光装置の圧力調整容器30(図1参照)に取り付けることが可能となる。

【0071】以上述べたように、本実施形態では、エバネッセント光露光マスク100を形成するための出発基板として、SOIウェハ201を用い、このSOIウェハ201の単結晶Si薄膜をマスク母材101として用いた例を示した。単結晶Si薄膜は、酸化によるSiO₂薄膜形成法等、他の薄膜形成法に比較して残留応力が

ないため、このようにSOIウェハ201のSi薄膜をマスク母材101として利用することで、薄膜の自立構造を形成した際に、残留応力による自立薄膜の撓み、そり、歪みを極めて低減させることが可能である。

【0072】また、Siを材料とすれば、半導体電子デバイス作製技術やマイクロメカニクス作製技術で開発された多くのプロセス材料や装置を用いることが可能であるため、エバネッセント光露光マスク100を量産する上で、新たな材料開発や設備も必要なくなる。その結果、エバネッセント光露光マスク100の製造コストの低減も容易である。

【0073】さらに、本実施形態では、金属薄膜102への微小開口パターン103の形成に電子線ビーム204による加工法を用いた例を示したが、電子線加工法以外にも、集束イオンビーム加工法、X線リソグラフィ法、走査型プローブ顕微鏡(SPM)加工法を用いてもよい。中でも走査型トンネル顕微鏡(STM)や原子間力顕微鏡(AFM)、近接場光学顕微鏡(SNOM)に代表されるSPM技術を応用した加工法を用いて微小開口パターン103を形成すれば、10nm以下の極微小開口パターン103を形成可能であるため、これも本発明に極めて適した加工法である。

【0074】ところで、微小開口パターン103からしみ出すエバネッセント光強度をなるべく大きくするためには、微小開口の(マスク面法線方向の)長さを小さくする必要があり、そのためには、金属薄膜102の膜厚はなるべく薄いことが望ましい。しかし、金属薄膜102が薄すぎると、場合によっては金属薄膜102が連続膜にならず、微小開口以外のところからも光が漏れてしまう。したがって、金属薄膜102の膜厚としては、10~100nmの範囲内にあることが望ましい。

【0075】また、金属薄膜102の表面が平坦でない、エバネッセント光露光マスク100と基板151との密着が良好に行えず、結果として露光ムラを生じてしまう場合がある。このため、金属薄膜102の表面の凹凸の大きさは100nm以下であることが望ましく、さらには10nm以下であることがより望ましい。

【0076】ここで、上述したように、微小開口パターン103の幅は露光に用いる光の波長より小さく、レジスト152に対して行う所望のパターン露光幅とする。具体的には、1~100nmの範囲から選択することが好ましい。微小開口パターン103の幅が100nmを超える場合は、本発明の目的とするエバネッセント光ばかりでなく、強度的により大きな直接光がマスクを透過してしまうことになり好ましくない。また、1nm未満の場合は、露光が不可能ではないが、マスクからしみ出すエバネッセント光強度が極めて小さくなり、露光に長時間を要するのであまり実用的でない。

【0077】なお、エバネッセント光のみを透過させるためには、微小開口パターン103の幅が100nm以

下である必要があるが、長手方向の長さに関しては制限はなく、自由なパターンを選択することができる。例えば、図2(a)に示したようなカギ型パターンでもよいし、図示しないがS字パターンでもよい。

【0078】本発明のエバネッセント光露光装置に適用する被加工用の基板151としては、Si、GaAs、InP等の半導体基板や、ガラス、石英、BN等の絶縁性基板、あるいはそれらの基板上に、金属や、酸化物、窒化物等を成膜したもの等、広く用いることができる。

【0079】ただし、本発明のエバネッセント光露光装置では、エバネッセント光露光用マスク100と基板151とを露光領域全域にわたって100nm以下、望ましくは10nm以下の間隔になるよう密着させることが重要である。したがって、基板としては、なるべく平坦なものを選択する必要がある。

【0080】同様に、基板151上に設けられるレジスト152も、表面の凹凸が小さく平坦であることが重要である。また、エバネッセント光露光用マスク100から滲み出たエバネッセント光は、エバネッセント光露光マスク100から距離が遠ざかるにつれて指数関数的に減衰するため、レジスト152に対して100nm以上の深いところまでは露光しにくいこと、及び、レジスト152中に散乱されるように広がり、露光パターン幅を広げることになることを考慮すると、レジスト152の厚さは100nm以下で、さらにできるだけ薄いことが望ましい。

【0081】以上から、レジスト材料・コーティング方法として、望ましくは100nm以下、より望ましくは10nm以下の膜厚であって、かつ、レジスト表面の凹凸の大きさが望ましくは100nm以下、より望ましくは10nm以下という、極めて平坦なものを形成できる方法が適している。

【0082】このような条件を満たす方法として、普通用いられるような光レジスト材料をなるべく粘性が低くなるように溶媒に溶かし、スピコートで極めて薄くかつ均一厚さになるようコーティングする方法がある。

【0083】また、他の光レジスト材料コーティング方法として、一分子中に疎水基、親水基官能基を有する両親媒性光レジスト材料分子を水面上に並べた単分子膜を所定の回数、基板上にすくいとることにより、基板上に単分子膜の累積膜を形成するLB(Langmuir Blodgett)法を用いてもよい。

【0084】また、溶液中や気相中で、基板に対して一分子層だけ物理吸着あるいは化学結合することにより基板上に光レジスト材料の単分子膜を形成する自己配向単分子膜(Self Assemble Monolayer)形成法を用いてもよい。

【0085】これらのコーティング方法のうち、後者のLB法やSAM形成法は極めて薄いレジスト膜を均一な厚さで、しかも表面の平坦性よく形成することができる

ため、本発明のエバネッセント光露光装置に極めて適した光レジスト材料のコーティング方法である。

【0086】エバネッセント光露光においては、露光領域全面にわたりエバネッセント光露光用マスク100と基板151との間隔が100nm以下でしかもばらつきなく一定に保たれていることが重要である。このため、エバネッセント光露光に用いる基板としては、他のリソグラフィプロセスを経て、全てに凹凸を有するパターンが形成され、基板表面に100nm以上の凹凸があるものは好ましくない。したがって、エバネッセント光露光には、他のプロセスをあまり経ていない、プロセス初期の段階のできるだけ平坦な基板が望ましい。したがって、エバネッセント光露光プロセスと他のリソグラフィプロセスを組み合わせる場合も、エバネッセント光露光プロセスをできるだけ初めに行うようにするのが望ましい。また、図3において、微小開口パターン103から滲み出すエバネッセント光12の強度は微小開口パターン103の幅によって異なるので、微小開口パターン103の幅がまちまちであると、レジスト152に対する露光の程度にばらつきが生じてしまい、均一なパターン形成が難しくなる。そこで、これを避けるために、一回のエバネッセント光露光プロセスで用いるエバネッセント光露光用マスク100での微小開口パターン103の幅を揃える必要がある。

【0087】以上の説明では、基板全面に対応するエバネッセント光露光用マスクを用い、基板全面一括でエバネッセント光露光を行う装置について説明を行った。本発明の概念はこれに限定されるものでなく、基板よりも小さなエバネッセント光露光用マスクを用い、基板の一部分に対するエバネッセント光露光を行うことを基板上の露光位置を変えて繰り返し行うステップ・アンド・リピート方式の装置としてもよい。

【0088】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、エバネッセント光露光用マスクはマスク母材が単結晶シリコンの薄膜で構成されるので、残留応力による薄膜の挠み、反り、歪を低減させることができ、結果として、マスクの歩留まりを向上させることができる。特に、マスク母材の厚さを0.1~1μmとすることで、露光の際の被露光物に対する密着のときの十分な機械的強度を有する上、弾性変形も容易であるので、被露光物の表面に凹凸やうねりがあっても、その形状に倣うことができる。

【0089】また、本発明のエバネッセント光露光装置は、上述した本発明のエバネッセント光露光用マスクを用いてエバネッセント光露光を行うので、エバネッセント光露光用マスクは被露光物に対して良好に密着し、微細なパターンをより正確に露光することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である、エバネッセント光

15

露光装置の概略構成図である。

【図2】図1に示す露光装置に用いられるエバネッセント光露光マスクの図であり、(a)はおもて面側から見た平面図、(b)は断面図である。

【図3】エバネッセント光による露光の原理を説明する図である。

【図4】Si薄膜の光透過率と光波長との関係を示すグラフである。

【図5】図2に示すエバネッセント光露光マスクの作製工程を説明する断面図である。

【図6】図2に示すエバネッセント光露光マスクの作製工程を説明する断面図である。

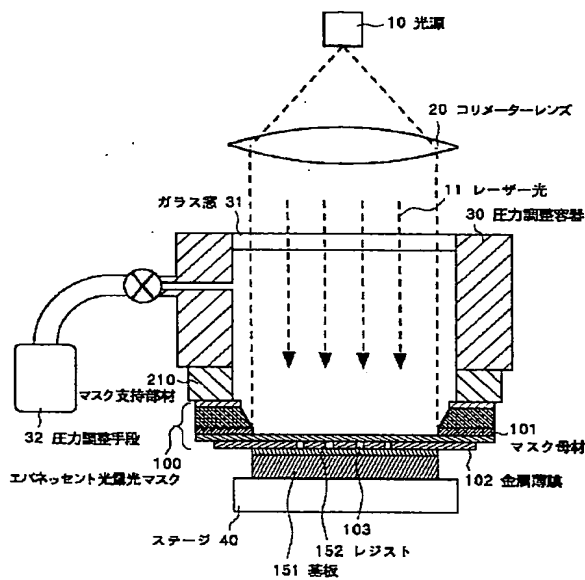
【符号の説明】

- 10 光源
11 レーザー光
12 エバネッセント光

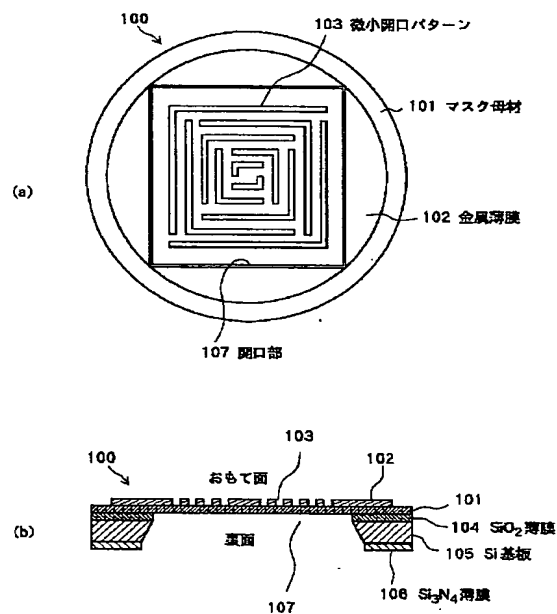
*

- * 20 コリメーターレンズ
30 圧力調整容器
31 ガラス窓
32 圧力調整手段
40 ステージ
100 エバネッセント光露光マスク
101 マスク母材
102 金属薄膜
103 微小開口パターン
104 SiO₂薄膜
105 Si基板
106 Si₃N₄薄膜
107 開口部
151 基板
152 レジスト

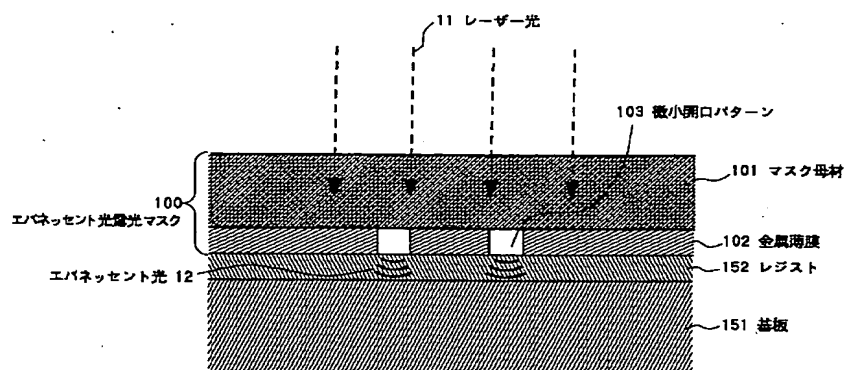
【図1】



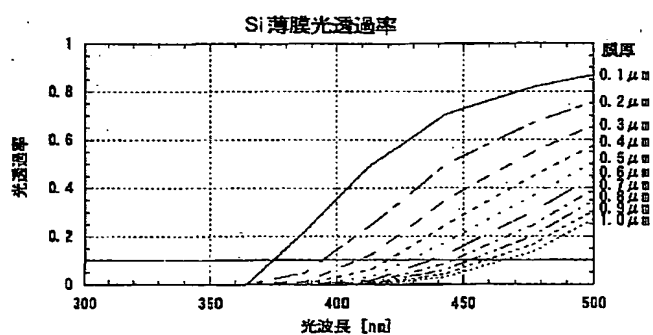
【図2】



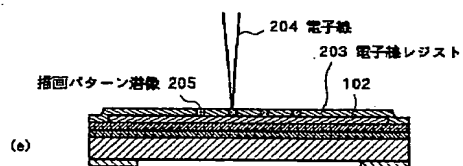
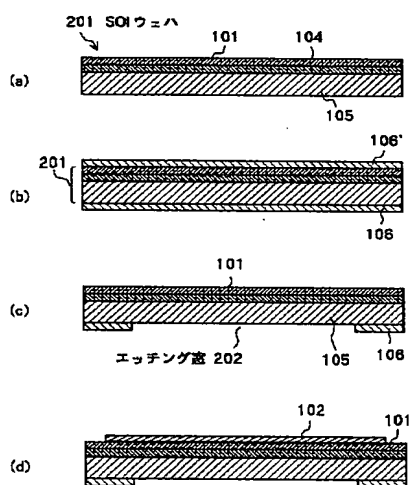
【圖 3】



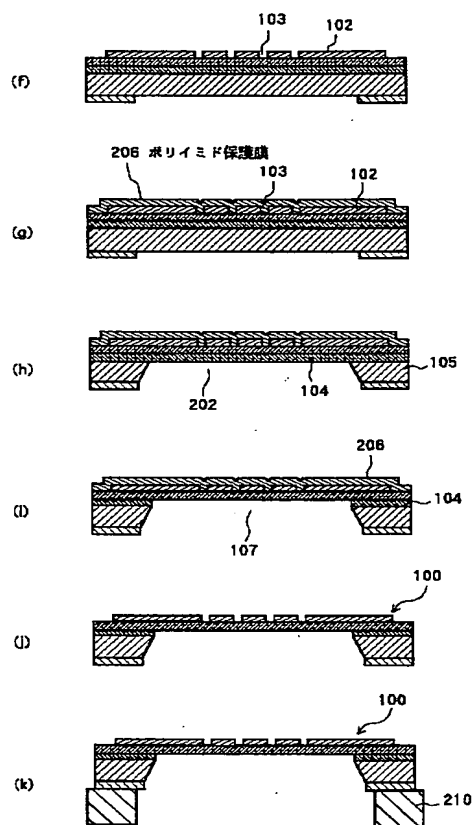
【圖 4】



【図5】



【図6】



BEST AVAILABLE COPY

フロントページの続き

(72)発明者 山口 貴子
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
 ノン株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BA04 BA06 BB35 BB36 BC05
 BC08 BC09 BC27 BC28
 2H097 CA17 GA31 HB00 JA02 LA10
 5F046 AA25 AA28 BA02 CB14 CB17
 CB19 DA17